

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)

RELAZIONI GENERALI

RIPASCIMENTO DEL LITORALE DI SANT'ALESSIO SICULO – RELAZIONE METEOMARINA

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS2S 02 D 09 RG ID0102 002 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	M. Coccato	ottobre 2017	F. Cabas	ottobre 2017	P. Carlesimo	ottobre 2017	ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. Angelo Vittozzi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma N° A20783 A. Vittozzi gennaio 2018
B	Consegna al CSLLPP	M. Coccato	gennaio 2018	F. Cabas	gennaio 2018	P. Carlesimo	gennaio 2018	

n. Elab.:198

INDICE

1	PREMESSA	3
2	DETERMINAZIONE DELL'ONDA DI PROGETTO.....	4
3	ONDA DI PROGETTO AL LARGO.....	6
3.1	DATI DI MOTO ONDOSI DI RIFERIMENTO	6
3.2	ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI ESTREMI DI MOTO ONDOSI AL LARGO.....	6
3.2.1	<i>Individuazione del modello probabilistico per i dati selezionati</i>	<i>8</i>
3.3	STATISTICA DELLE MAREGGIATE	9
3.4	CORRELAZIONE TRA ALTEZZA E PERIODO D'ONDA	10
3.5	ONDA DI PROGETTO AL LARGO.....	11
4	ONDA DI PROGETTO A RIDOSSO DELLE OPERE.....	12

1 PREMESSA

La presente Relazione Meteomarina è stata redatta nell'ambito del progetto definitivo di un intervento di ripascimento nell'ambito dei lavori della linea ferroviaria Catania-Siracusa, raddoppio Giampilieri-Fiumefreddo.

Oggetto della relazione è l'individuazione delle forzanti meteomarine per le verifiche di stabilità dei pennelli da eseguire nei lavori di ripascimento del litorale di Sant'Alessio.

A tal fine la relazione fa riferimento ai risultati degli studi specialistici di ingegneria e geomorfologia litoranea redatti a supporto del progetto e in particolare allo "Studio Meteomarino" e allo "Studio Idrodinamico".

2 DETERMINAZIONE DELL'ONDA DI PROGETTO

Con riferimento a quanto indicato dalle “Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti”, edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996), per il dimensionamento strutturale delle scogliere si deve valutare preliminarmente la durata di vita utile T_v dell'opera, in relazione alle sue caratteristiche funzionali (livello di sicurezza che deve assolvere e tipologia d'uso).

Per infrastrutture di uso generale si intendono opere di difesa di complessi civili, commerciali o industriali, che non siano destinati ad uno specifico scopo e per i quali non è chiaramente identificabile il termine della vita funzionale dell'opera. Per infrastrutture ad uso specifico si intendono le opere di difesa di singole installazioni industriali, di porti industriali, di depositi o piattaforme di carico e scarico, di piattaforme petrolifere, ecc.

Con riferimento alle indicazioni desunte dalle citate Istruzioni Tecniche (riportate nella **Tabella 2-1**), la scogliera radente in esame può essere considerata come un'infrastruttura civile di uso specifico con un livello di sicurezza 1 afferente ad opere o installazioni di interesse locale ed ausiliario, comportanti un rischio minimo di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso della stessa (difese costiere, opere in porti minori o marina, scarichi a mare, strade litoranee, ecc...) e pertanto contraddistinte da una durata minima di vita pari a 15 anni.

Tipo dell'opera	Livello di sicurezza richiesto		
	1	2	3
	VITA DI PROGETTO (anni) T_v		
Infrastrutture di uso generale	25	50	100
Infrastrutture ad uso specifico	15	25	50

Tabella 2-1: Durata minima di vita per opere o strutture di carattere definitivo

Oltre alla durata di vita utile dell'opera deve essere valutata anche la massima probabilità di danneggiamento ammissibile P_f per l'opera, in funzione delle ripercussioni economiche e degli eventuali rischi per le vite umane connessi al cosiddetto “evento meteomarinico di progetto” contraddistinto da un determinato tempo di ritorno durante la vita di esercizio dell'opera.

In particolare, si assumeranno le probabilità corrispondenti al danneggiamento incipiente o alla distruzione totale in relazione alle deformazioni-modificazioni subite dall'opera in caso di danneggiamento e alla difficoltà di riparare il danno subito. Per strutture rigide (dighe a parete verticale), per le quali è estremamente difficile riparare il danno, si assume la probabilità di distruzione totale. Per strutture flessibili o comunque per opere riparabili, si assume la probabilità corrispondente al danneggiamento incipiente inteso come il livello di danneggiamento predefinito in relazione al tipo di struttura, al di sopra del quale il danno è apprezzabile e risulta necessario intervenire con lavori di manutenzione.

Tipo di danno	Ripercussione economica	Rischio per la vita umana	
		Limitato	Elevato
Danneggiamento incipiente	Bassa	0.50	0.30
	Media	0.30	0.20
	Alta	0.25	0.15
Distruzione totale	Bassa	0.20	0.15
	Media	0.15	0.10
	Alta	0.10	0.05

Tabella 2-2: Massima probabilità di danneggiamento P_f ammissibile nel periodo di vita operativa

Per la tipologia e destinazione dei pennelli di contenimento del materiale di ripascimento si può ritenere accettabile lo scenario di danno incipiente con rischio limitato per la vita umana e ripercussioni economiche basse assumendo quindi una probabilità massima di danneggiamento pari a 0,50.

Il tempo di ritorno di progetto, associato al tempo di vita di utile precedentemente definito e alla massima probabilità di danneggiamento assunta, è stato valutato con la seguente relazione:

$$T_{rp} = \frac{T_v}{[-\ln(1 - P_f)]}$$

Utilizzando i parametri scelti si ottiene per il tempo di ritorno dell'opera un valore pari a 50 anni.

3 ONDA DI PROGETTO AL LARGO

Per la definizione dei valori dell'onda di progetto al largo si è fatto riferimento ai risultati degli studi specialistici e in particolare dello "Studio meteomarino". Si riporta nel seguito un estratto dello studio relativo ai dati utilizzati e alle elaborazioni statistiche eseguite.

3.1 Dati di moto ondoso di riferimento

Per la definizione delle caratteristiche del moto ondoso del paraggio in esame sono state prese in esame diverse fonti di dati. A seguito di un'analisi critica dei dati, è stata prescelta la serie di dati ondometrici ricostruiti forniti dal MeteOcean group del DICCA (gennaio 1979- dicembre 2015).

I dati ricostruiti, forniti dal MeteOcean group del DICCA (Università di Genova), appartengono ad un database di serie storiche di moto ondoso ricostruite per l'intero bacino del Mediterraneo con una risoluzione spaziale pari a 10 km ed una risoluzione temporale pari a 1 ora.

I dati MeteOcean sono stati prescelti per la definizione delle caratteristiche del moto ondoso del sito in esame per le seguenti ragioni:

- l'esposizione geografica di Catania differisce da quella di S. Alessio Siculo in quanto maggiormente esposta ai mari di Levante-Grecale mentre è più protetta da quelli di mezzogiorno. Pertanto, per la definizione del clima di moto ondoso e delle onde di progetto sarebbe necessario rielaborare la serie storica di misure della boa RON di Catania con un trasposizione geografica degli eventi di moto ondoso.
- le serie storiche di moto ondoso del MeteOcean group del DICCA hanno una elevatissima valenza statistica non solo per la grande accuratezza spaziale ma soprattutto per la loro durata che risulta essere pari a 36 anni comprendendo quindi con continuità tutte le mareggiate dal 1979 al 2015.
- L'affidabilità dei dati ricostruiti e l'ubicazione del punto di ricostruzione sono tali da far preferire questi rispetto alle misure della RON opportunamente trasposte al largo di S. Alessio. Per contro, la serie storica di misure della boa RON di Catania ha una durata inferiore e risulta caratterizzata da un rendimento decisamente inferiore.

3.2 Analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso al largo

Per la determinazione della cosiddetta "onda di progetto" in acqua profonda è necessario eseguire un'elaborazione statistica delle altezze d'onda maggiori relative alla serie storica di riferimento. Mediante regolarizzazione della serie di eventi estremi, secondo note funzioni probabilistiche, è possibile ricavare le caratteristiche del moto ondoso (definite in termini di altezza significativa e periodo) da associare ad assegnati tempi di ritorno (o probabilità di occorrenza).

Nel caso di serie di dati relativi a misure di altezza d'onda è prassi affidarsi all'analisi statistica di serie tronche, ottenute selezionando per i diversi settori direzionali di caratteristiche omogenee tutte le altezze d'onda significative, registrate al picco di mareggiate indipendenti superiori ad una soglia prefissata.

Infatti, il metodo delle serie tronche è da preferire sia al metodo dei massimi annuali (dati in numero limitato e per alcune “annate” ben poco estremi) sia a quello dell’analisi di tutta la serie di eventi di moto ondoso (sicuramente non indipendenti e poco omogenei). La scelta della soglia di troncamento deve essere effettuata al fine di garantire comunque una selezione di un numero di eventi estremi comparabile con il numero di anni di osservazione e deve essere tale da separare le mareggiate ordinarie da quelle estreme.

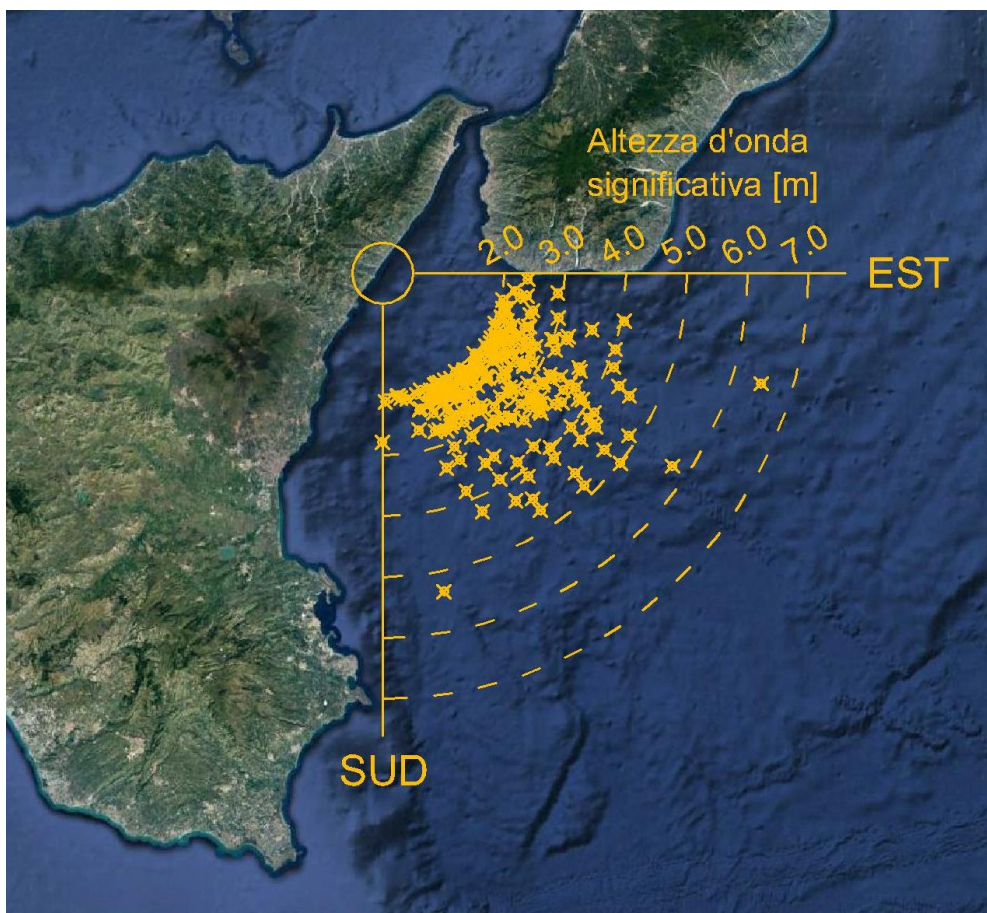


Figura 3-1: Valori al colmo delle mareggiate

Nel caso in esame per la determinazione dell’onda di progetto sono state analizzate le mareggiate più intense selezionate sulla base dei seguenti criteri:

- 1) altezza significativa oraria di colmo maggiore di 3 m;
- 2) durata (intesa come il periodo di tempo in cui H_s è superiore ad 1 m durante la mareggiata) maggiore di 12 ore;
- 3) intervallo di tempo tra i colmi di due mareggiate successive maggiore di 48 ore.

L'omogeneità dei dati all'interno del campione di solito viene assicurata raggruppando gli stessi dati in eventi caratterizzati da una simile genesi meteorologica. Ciò normalmente si traduce nel separare i valori di altezza d'onda significativa al colmo delle mareggiate in distinti settori di traversia del paraggio. Nel caso in esame, l'esposizione geografica del sito è tale che le mareggiate più intense appartengano ad un unico settore di traversia compreso tra 90 °N e 180 °N (cfr. **Figura 3-1**).

3.2.1 Individuazione del modello probabilistico per i dati selezionati

Le leggi adottate di distribuzione di probabilità cumulata di non superamento (funzione di ripartizione) sono quella di Weibull:

$$P(X \leq x) = 1 - e^{-\left[\frac{(x-B)}{A}\right]^\alpha}$$

in cui X è la variabile aleatoria, x il valore di non superamento mentre A, B sono i parametri della distribuzione e k è il parametro di forma della distribuzione scelto pari a 1.0,

e la legge di Gumbel (1988):

$$P(X \leq x) = \exp\left(-\exp\left[-(x-b)/a\right]\right)$$

dove X è la variabile aleatoria, x il valore di non superamento e α , A, B, a, b sono i parametri delle distribuzioni.

La valutazione dei parametri della distribuzione richiede la preliminare stima della frequenza campionaria dei dati. Per fare questo il campione dei dati viene ordinato in senso decrescente e per ogni m-esimo evento viene calcolata la frequenza campionaria di non superamento utilizzando la formula di Gringorten:

$$\hat{F}_m = 1 - \frac{m - \alpha}{N + \beta}, m = 1, 2, \dots, N$$

In seguito introducendo la variabile ridotta:

$$y_{(m)} = \left[-\ln(1 - \hat{F}_m)\right]^{1/k}$$

viene applicato il metodo dei minimi quadrati per determinare i parametri A e B della retta:

Una volta ottenuta la funzione di probabilità di non superamento è stato possibile valutare il corrispondente valore al colmo della mareggiata corrispondente ad un tempo di ritorno assegnato.

Tenendo conto che la probabilità cumulata di non superamento è legata al tempo di ritorno dell'evento dalla relazione:

$$Tr(X \leq x) = \frac{1}{(1 - P(X \leq x))}$$

si possono stimare le altezze d'onda significative al colmo associate a diversi tempi di ritorno.

3.3 Statistica delle mareggiate

A seguire sono riportati i risultati delle analisi statistiche svolte sui campioni rappresentativi del settori di traversia principale compreso tra 90 e 180 °N (traversia principale).

Applicando il metodo POT e utilizzando la soglia di 3.0 m, sono stati individuati 75 eventi di mareggiata su 36.9 anni di riferimento con un valore massimo dell'altezza d'onda significativa pari a 6.48 m.

Nella tabella seguente e nella **Figura 3-2** sono riportati i valori dell'altezza d'onda significativa in funzione del tempo di ritorno. In particolare, risulta che per un tempo di ritorno di 50 anni si ottiene un'onda significativa estrema di altezza pari a circa 6.3 m.

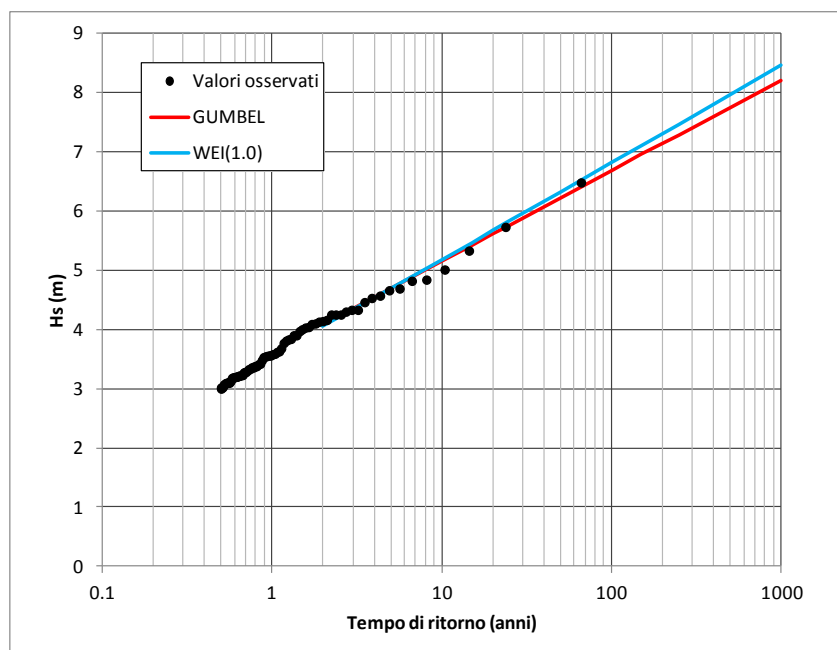


Figura 3-2: Analisi statistica degli eventi estremi

3.4 Correlazione tra altezza e periodo d'onda

Al fine di individuare la legge di dipendenza tra il periodo di picco T_p ed i valori di altezza d'onda significativa H_s al colmo delle mareggiate si è fatto riferimento alla seguente relazione:

$$T_p = a \cdot (H_s)^b$$

dove i parametri a e b sono stati ricavati con una regressione lineare in campo logaritmico.

In particolare, sono stati selezionati gli eventi di moto ondoso caratterizzati da un'altezza d'onda significativa superiore a 2 m appartenenti al settore 90-180°N.

Facendo ricorso al metodo dei minimi quadrati, sono stati individuati i valori dei parametri a e b che meglio interpolano i valori osservati (cfr. figura 16):

$$T_p = 7.12 H_s^{0.23}$$

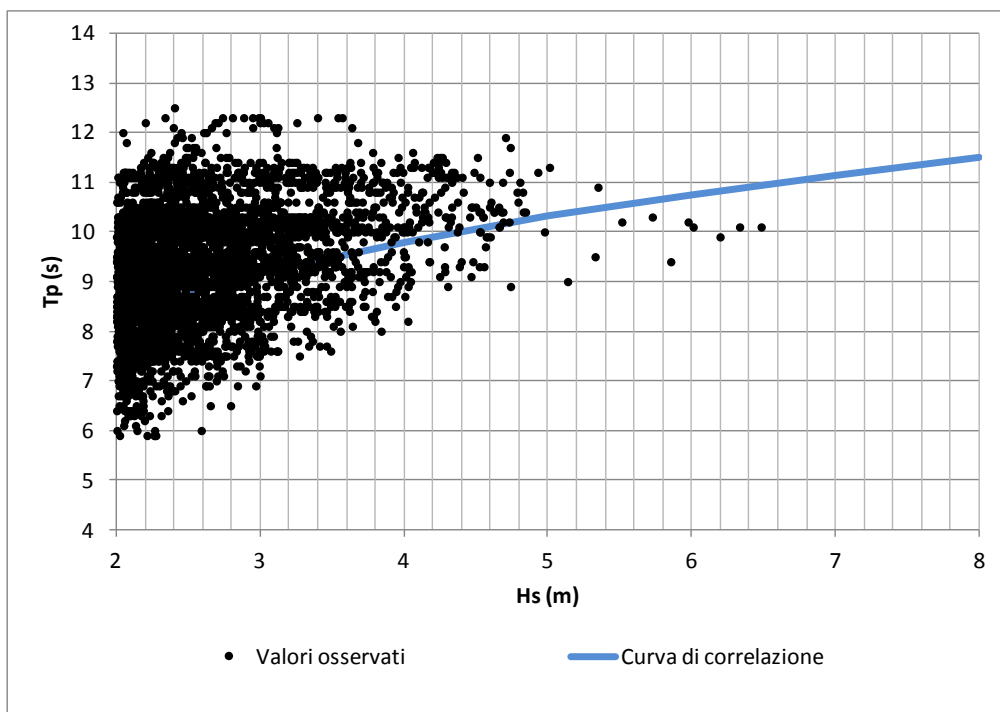


Figura 3-3: Correlazione tra il periodo di picco e l'altezza d'onda significativa per il settore di traversia principale

3.5 Onda di progetto al largo

In base a quanto riportato nei precedenti paragrafi l'onda di progetto al largo risulta definita:

- tempo di ritorno 50 anni (par. 2);
- altezza d'onda significativa $H_s=6.3$ m (par. 3.3);
- periodo d'onda $T_p=11.0$ s (par. 3.4).

Per quanto riguarda la direzione sono state considerate tre direzioni di provenienza rappresentative del settore di traversia (cfr. **Figura 3-1**): 90-120-150°N.

4 ONDA DI PROGETTO A RIDOSSO DELLE OPERE

Per la definizione dei valori dell'onda di progetto a ridosso delle opere si è fatto riferimento ai risultati degli studi specialistici e in particolare dello "Studio idrodinamico". Nell'ambito di tale studio è stata eseguita una propagazione diretta del moto ondoso dell'onda con tempo di ritorno cinquantennale utilizzando il modello matematico bidimensionale di rifrazione diretta spettrale di tipo euleriano SWAN (sviluppato dal Delft University of Technology) che consente di valutare gli effetti indotti sia dai fenomeni generativi delle onde dovute all'azione del vento, sia dai fenomeni dissipativi (attrito sul fondo e frangimento in acqua profonda ed in acqua bassa) nella propagazione da largo verso riva.

Il modello è in grado di simulare sia perdite di energia subite dalle onde in propagazione sia la generazione del moto ondoso ad opera del vento ed i relativi trasferimenti non lineari di energia indotti anche dal frangimento in acqua profonda.

Nell'ambito dello studio l'onda di progetto al largo è stata propagata considerando tre direzioni di provenienza del moto ondoso (90-120-150°N) in modo tale da definire esaurientemente le condizioni di moto ondoso in costa. Dalle simulazioni eseguite sono stati ricavati i valori delle caratteristiche del moto ondoso al piede dei pennelli riportati nella **Tabella 4-1**.

Pennello	MOTO ONDOSO AL LARGO			MOTO ONDOSO IN COSTA		
	H _s (m)	T _p (s)	Dir. (°N)	H _s (m)	T _p (s)	Dir. (°N)
1	6.3	11.0	90	2.88	10.9	103
	"	"	120	3.23	10.9	83
	"	"	150	3.22	10.9	72
2	"	"	90	3.59	10.9	100
	"	"	120	3.41	10.9	88
	"	"	150	3.59	10.9	72
3	"	"	90	2.82	10.9	99
	"	"	120	2.82	10.9	90
	"	"	150	2.82	10.9	79
4	"	"	90	3.68	10.9	110
	"	"	120	3.15	10.9	104
	"	"	150	3.04	10.9	90
5	"	"	90	3.05	10.9	114
	"	"	120	3.02	10.9	103
	"	"	150	3.01	10.9	94

Tabella 4-1: Caratteristiche dell'onda di progetto al largo e al piede delle opere